

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 05267220
PUBLICATION DATE : 15-10-93

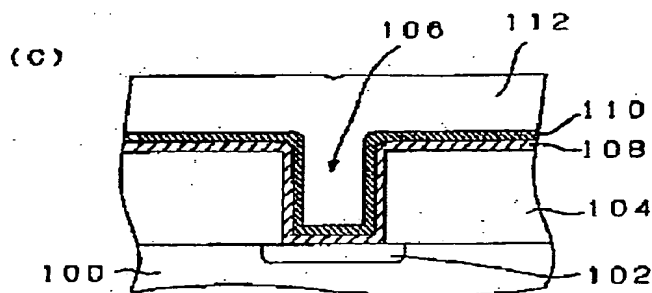
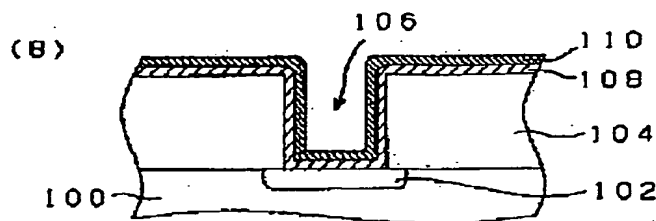
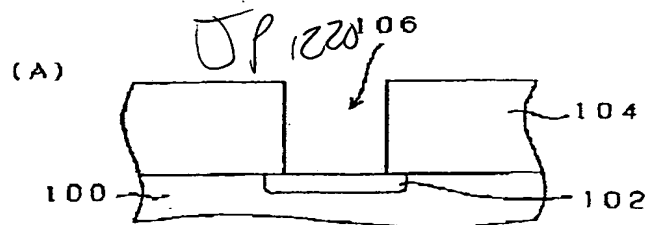
APPLICATION DATE : 19-03-92
APPLICATION NUMBER : 04092389

APPLICANT : SONY CORP;

INVENTOR : SATO JUNICHI;

INT.CL. : H01L 21/285 H01L 21/285 H01L 21/90

TITLE : METHOD OF FORMING SEALING
LAYER AND METAL PLUG IN
SEMICONDUCTOR DEVICE



ABSTRACT : **PURPOSE:** To provide a method of forming a stable, highly heat-resistant contact layer of good adhesion on a metal plug in a semiconductor device, wherein dust particles are eliminated and source gas is easily controlled.

CONSTITUTION: A contact layer is composed of TiB_x , TiC_x , TiB_xN_{1-x} , or TiC_xN_{1-x} . A method of forming a metal plug comprises the steps of providing an opening 106 in an insulating layer 104 on a semiconductor substrate 100; depositing the contact layer of above composition both on the insulating layer 104 and in the opening 106; and depositing a metallic material 112 in the opening 106.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

Translation attached
(12)

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-267220

(43)公開日 平成5年(1993)10月15日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/285	3 0 1 R	7738-4M		
	C	7738-4M		
21/90	D	7735-4M		

審査請求 未請求 請求項の数4(全11頁)

(21)出願番号 特願平4-92389

(22)出願日 平成4年(1992)3月19日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 佐藤 淳一

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

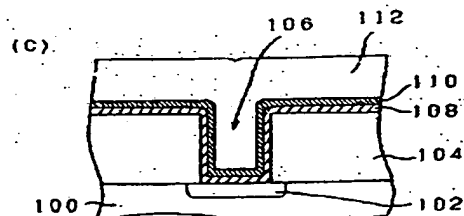
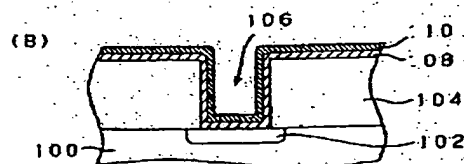
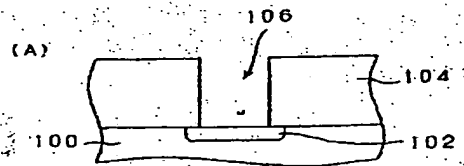
(74)代理人 弁理士 山本 孝久

(54)【発明の名称】 半導体装置の密着層及びメタルプラグ形成方法

(57)【要約】

【目的】 高耐熱性で且つ優れた密着性を有し、形成時にパーティクルの生成が少なく、しかも、形成時の原料ガスの制御が容易であり、更には、特性の安定した、半導体装置のメタルプラグのための密着層を提供する。更には、かかる密着層の形成を含むメタルプラグの形成方法を提供する。

【構成】 密着層は、 TiB_2 、 TiC_2 、 TiB_2N_{1-x} 又は TiC_2N_{1-x} から成る群から選ばれた組成から成る。また、メタルプラグ形成方法は、(イ)半導体基板100上に形成された層間絶縁層104に開口部106を形成する工程と、(ロ) TiB_2 、 TiC_2 、 TiB_2N_{1-x} 又は TiC_2N_{1-x} から成る群から選ばれた組成から成る密着層110を、層間絶縁層の上面及び開口部内に形成する工程と、(ハ)金属材料112を開口部内に形成する工程、から成る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 TiB_2 、 TiC 、 TiB_2N_{1-x} 又は TiC_xN_{1-x} から成る群から選ばれた組成から成ることを特徴とする、半導体装置のメタルプラグのための密着層。

【請求項2】 (イ) 半導体基板上に形成された層間絶縁層に開口部を形成する工程と、

(ロ) TiB_2 、 TiC 、 TiB_2N_{1-x} 又は TiC_xN_{1-x} から成る群から選ばれた組成から成る密着層を、層間絶縁層の上面及び開口部内に形成する工程と、

(ハ) 金属材料を開口部内に形成する工程、から成ることを特徴とするメタルプラグ形成方法。

【請求項3】 前記(イ)の工程の後に、 Ti 層を層間絶縁層の上面及び開口部内に形成し、次いで連続して前記(ロ)の工程を行うことを特徴とする請求項2に記載のメタルプラグ形成方法。

【請求項4】 前記密着層を、電子サイクロトロン共鳴プラズマCVD法にて形成することを特徴とする請求項2又は請求項3に記載のメタルプラグ形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体装置の製造におけるメタルプラグ形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体装置等の電子デバイスは年々微細化してきている。特に、半導体集積回路の微細化に伴い、コンタクトホール、ビアホールあるいはスルーホール（以下、総称して接続孔ともいう）の寸法も益々小さくなりつつある。接続孔は、半導体基板上に形成された開口部に配線材料を埋め込むことによって形成される。配線材料としてアルミニウム又はアルミニウム合金を用い、パイアススパッタ法等によってかかる配線材料で開口部を埋め込む従来のスパッタ技術では、最早、微細な接続孔の形成が困難になっている。

【0003】 このような背景下、ステップカバレッジの良い、所謂ブランケットCVD法が注目されている。このブランケットCVD法においては、図4に示すように、半導体基板100上に形成された層間絶縁層104に開口部106を設け、CVD法にて例えばタングステンから成る金属層112を層間絶縁層の上面上及び開口部内に形成する。その後、層間絶縁層の上面上の金属層112を選択的にエッチバックによって除去し、開口部106内に金属から成るメタルプラグを形成し、これによって接続孔が完成する。尚、102は不純物拡散領域である。

【0004】 このタングステンをを用いたブランケットCVD法においては、タングステンは半導体基板100等の下地と密着性が悪いので、金属層と半導体基板との間に密着層を形成することが必須とされている。密着層としては、 TiN 層又は $TiON$ 層が多く用いられている。ところが、図4に示すように、開口部に対する密着

層110のカバレッジが悪い場合、ブランケットCVD法で層間絶縁層104上及び開口部106内に金属層を堆積させたとき、開口部106中の金属層にボイド（中空部）114が生じるという問題がある。

【0005】 更に、通常、 TiN から成る密着層をCVD法で形成する場合、原料ガスとして $TiCl_4$ を使用するため、 TiN 層に Cl が取り込まれ易いという問題がある。これについては、例えば、文献、「Photo Assisted LP-CVD TiN For Deep Submicron Contact Using Organic-titanium Compound」、Koichi Ikeda et al, 1990 Symposium on VLSI Technology pp61-62を参照のこと。 TiN 層に Cl が取り込まれると、 TiN 層（密着層）の品質が低下し、バリア性が低下する。

【0006】 そこで、 TiN 層を電子サイクロトロン共鳴（ECR）プラズマCVD法で成膜する方法が提案されている（例えば、1990年春 応用物理学会予稿集 591頁の赤堀他 29a-ZA-6参照）。この方法によれば、カバレッジ良く TiN 層を形成でき、しかも650°C程度の温度で TiN を成膜することにより、 TiN 層中への Cl の取り込み量が少なくなったとされている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 TiN 層、あるいは TiN 層の下に Ti 層を形成することによって TiN 層との不純物拡散領域との間の抵抗を減らした Ti/TiN の2層構造を上述のようにブランケットCVD法における密着層として用いる場合、 TiN 層では、耐熱性やバリア性が充分であるとはいえない。そこで TiN 層の代わりに $TiON$ 層を形成する方法が提案されているが、 $TiON$ 層の形成中に TiO_2 のパーティクルが発生するという問題がある。

【0008】 また、 $TiON$ 層形成時の原料ガス組成の制御が難しいという問題もある。その理由は、 $TiON$ 成膜装置に残留したガス中に酸素が含まれており、 $TiON$ 形成時、 $TiON$ 成膜装置に残留した酸素を考慮して $TiON$ を形成しなければならないこと、及び Ti が酸化され易いことにある。

【0009】 更に、スパッタ法で $TiON$ 層を形成した場合、半導体基板の処理枚数が増加するにつれて、成膜後の半導体基板のシート抵抗が増加するという問題がある。この原因は、スパッタ装置の処理室の内壁に付着した Ti が、スパッタ処理の開始時、処理室に流した O_2 を吸着するために、成膜後の半導体基板のシート抵抗が低くなり、スパッタ装置における半導体基板の処理枚数が増加するに従い、スパッタ装置の処理室の内壁に付着した Ti にゲッターされる酸素が少なくなるため、 $TiON$ 層に取り込まれる酸素が多くなり、半導体基板のシート抵抗が高くなるためであると考えられている。そのため特性の安定した高耐熱性を有する新しい密着層が望まれている。

【0010】従って、本発明の目的は、高耐熱性で且つ優れた密着性を有し、形成時にパーティクルの生成が少なく、しかも、形成時の原料ガスの制御が容易であり、更には、特性の安定した密着層を提供することにある。更に、本発明の目的は、かかる密着層の形成を含むメタルプラグの形成方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、本発明の第1の態様により、 TiB_x 、 TiC_x 、 TiB_xNi_{1-x} 又は TiC_xNi_{1-x} から成る群から選ばれた組成から成ることを特徴とする、半導体装置のメタルプラグのための密着層によって達成することができる。

【0012】 TiB_x における x は、 $0.1 < x \leq 2$ である。 TiC_x における x は、 $0.1 < x \leq 2$ である。 TiB_xNi_{1-x} における x は、 $0.1 < x < 0.9$ である。また、 TiC_xNi_{1-x} における x は、 $0.1 < x < 0.9$ である。

【0013】上記の目的は、本発明の第2の態様により、(イ)半導体基板上に形成された層間絶縁層に開口部を形成する工程と、(ロ) TiB_x 、 TiC_x 、 TiB_xNi_{1-x} 又は TiC_xNi_{1-x} から成る群から選ばれた組成から成る密着層を、層間絶縁層の上面及び開口部内に形成する工程と、(ハ)金属材料を開口部内に形成する工程、から成ることを特徴とする本発明のメタルプラグ形成方法によって達成することができる。

【0014】本発明のメタルプラグ形成方法の好ましい実施態様によれば、前記(イ)の工程の後に、 Ti 層を層間絶縁層の上面及び開口部内に形成し、次いで連続して前記(ロ)の工程を行う。

【0015】本発明のメタルプラグ形成方法の更に好ましい実施態様によれば、前記密着層を、電子サイクロトロン共鳴プラズマCVD法にて形成する。

【0016】

【作用】本発明の密着層が TiB_x 又は TiC_x から成る場合、 TiN に比べて、パーティクルの発生も少なく、また、2元素であるため組成の制御も行い易い。 TiB_x あるいは TiC_x は、元来バリア性が良い。更に、密着層の形成時酸素の添加が必要なくなり、原料ガスの制御が容易となる。しかも、 $TiON$ 層の形成時間問題となる半導体基板のシート抵抗の変動も生じることがない。従って、信頼性の高いプロセスで半導体装置を製造することができる。

【0017】密着層が TiB_xNi_{1-x} 又は TiC_xNi_{1-x} から成る場合、 TiN に比べて、パーティクルの発生も少なく、また、3元素ではあるが組成の制御も行い易い。 TiB_xNi_{1-x} あるいは TiC_xNi_{1-x} は、元来バリア性が良い。更に、密着層の形成時酸素の添加が必要なくなり、原料ガスの制御が容易となる。しかも、 $TiON$ 層の形成時間問題となる半導体基板のシート抵抗の変動も生じることがない。従って、信頼性の高いプロセスで半導

体装置を製造することができる。

【0018】本発明のメタルプラグ形成方法における好ましい実施態様によれば、連続して Ti 層/密着層の形成を行う。それ故、メタルプラグのコンタクト抵抗を更に低下させ得るばかりか、スルーブットを上げることができる。

【0019】本発明のメタルプラグ形成方法における更に好ましい実施態様によれば、密着層は、高密度プラズマが形成可能な、電子サイクロトロン共鳴プラズマCVD法(ECR-CVD法)にて形成される。このようなECR-CVD法によって、密着層を、約700°Cで成膜する熱CVD法に比べて低温で成膜でき、しかも、開口部の底部に密着層を厚く堆積させることができる。中でも、密着層が TiC_xNi_{1-x} から成る場合、反応性の高い CH_3CN を用いて形成することができるので、他の Ti 化合物と比較して、一層低温で成膜することができる。

【0020】

【実施例】以下、本発明を、図面を参照して実施例に基づき説明する。

(実施例1) 実施例1は、本発明の密着層及びメタルプラグ形成方法を、プランケットタングステンCVD法でコンタクトホールを形成する場合に適用した例であり、半導体基板とタングステンから成る金属層との間に、先ず Ti 層を形成し、次いで連続して密着層として TiB_x を形成する。開口部内に形成される金属材料はタングステンから成る。実施例1においては、原料ガスの平均自由行程を長くとることができる。図2に示すECRプラズマプロセス装置を使用した。また、 TiB_x 層を形成するための原料ガスとして、 $TiCl_4/BCl_3/H_2$ を使用した。

【0021】先ず、図2に示すECRプラズマプロセス装置の概要を説明する。プラズマプロセス装置1は、成膜チャンバ10及びプラズマチャンバ20から成る。成膜チャンバ10内には、半導体基板100を載置するためのサセプタ12が配置されている。サセプタ12の下にはランプ加熱手段50が配置されている。半導体基板100をランプ加熱手段50によって加熱することができる。

【0022】プラズマチャンバ20は成膜チャンバ10の上部と連通している。プラズマチャンバ20の上部にはマイクロ波導入窓22が設けられ、マイクロ波導入窓22の上部には、2.45MHzのマイクロ波を導入するためのレクタングュラーウェイブガイド26が設けられている。プラズマチャンバ20の周囲には磁気コイル24が配設されている。RFパワーがRF電源28からマイクロ波導入窓22に加えられる。プラズマチャンバ20には、アルゴンガス導入口30からアルゴンガスが供給される。アルゴンガスはマイクロ波導入窓22のクリーニングを行うために導入される(この技術について

は、1989年春の応用物理学会予稿集7.21頁の赤堀ら3P-2F-1参照)。

【0023】成膜チャンバ10には、第1の原料ガス供給部から、マスフローコントローラ及び第1のガス導入部40を通して、Ti系化合物から成る第1の原料ガスが供給される。また、各種の第2の原料ガスが、同様にマスフローコントローラ及び第2のガス導入部42を通して成膜チャンバ10に供給される。成膜チャンバ10内のガスはガス排気部16から系外に排気される。尚、図2中、32はプラズマ流である。また、100は図1に示す構造を有する半導体基板である。熱電対(図示せず)で半導体基板100の温度をモニターし、公知の温度制御手段(図示せず)によってランプ52への供給電力を制御し、半導体基板100の温度を一定に保つ。

【0024】以下、図2に示したECRプラズマプロセス装置を使用して、ブランケットタングステンCVD法でコンタクトホールを形成する工程を、図1を参照して説明する。

【0025】【工程-100】シリコン基板等の基板100の不純物拡散領域102上に、SiO₂から成る層間絶縁層104をCVD法で形成し、この層間絶縁層104にフォトリソグラフィ法及びドライエッチング法を用いて、開口部106を形成する(図1の(A)参照)。この工程は、通常の各種の方法を適宜用いることができる。

【0026】【工程-110】次に、図2に示したECR-CVD装置1を用いて、Ti層を形成する。第1の原料ガスとしてTiCl₄を、第2の原料ガスとしてH₂を使用した。まず、第1のガス導入部40からTiCl₄ガスを、第2のガス導入部42からH₂ガスを、成膜チャンバ10に供給し、厚さ30nmのTi層108を層間絶縁層104の上面上及び開口部106内に形成する。Ti層108の成膜条件を以下のとおりとした。

ガス TiCl₄/Ar/H₂=10/40/50sccm

温度 約400°C

圧力 0.13Pa

マイクロ波 2.8kW

半導体基板100はランプ加熱手段50によって約400°Cに加熱される。尚、TiCl₄の代わりにTiCl₃を使用することもできる。

【0027】【工程-120】続いて、TiB₂から成る密着層を形成した。第1の原料ガスとしてTiCl₄を使用し、第2の原料ガスとしてBCl₃及びH₂ガスをを使用した。第1のガス導入部40からTiCl₄ガスを、第2のガス導入部42からBCl₃及びH₂ガスを流し、厚さ50nmのTiB₂から成る密着層110をTi層108の上に形成する。TiB₂から成る密着層110の成膜条件を以下のとおりとした。温度 約650°C

マイクロ波 2.8kW

圧力 0.13Pa

RFバイアス 300W

ガス TiCl₄/BCl₃/H₂/Ar

=10/30/30/50sccm

尚、ガス流量の比は適宜に設定することができる。尚、TiCl₄の代わりにTiCl₃を使用することもできる。また、BCl₃の代わりに、BBr₃、B₂H₆を使用することもできる。半導体基板100をランプ加熱手段50によって約650°Cに加熱しておく。また、RFバイアスを印加するので、TiB₂のカバレッジが向上し、一層緻密な膜となり、バリア性が向上する。TiB₂から成る密着層110は低圧にて形成されるため、開口部106の底部にも厚く形成され、図1の(B)に示す構造が得られる。また、Clも揮発性の高い化合物HClという形態でECR-CVD装置1から排気され、Ti層及び密着層のCl含有量が少なくなり、膜質も向上する。又、これらの層を真空を破らず連続して形成するので、膜質も安定し、スルーボットも向上する。

【0028】【工程-130】次に、ブランケットタングステンCVD法にてタングステンから成る金属層をTiB₂から成る密着層110の上に形成する。形成条件を以下の2段階とした。

第1段階(核成長段階)

WF₆/SiH₄=25/10sccm

圧力 1.06×10⁻⁴Pa

温度 475°C

第2段階(高速成長段階)

WF₆/H₂=60/360sccm

圧力 1.06×10⁻⁴Pa

温度 475°C

これにより、開口部106内の密着層110上にカバレッジ良くタングステンから成る金属層112が形成された。こうして、図1の(C)に示す構造が得られた。この際、Ti/密着層にオーバーハングが生じることがなく、カバレッジも良いので、開口部106内のタングステンから成る金属層にボイドが発生することがなかった。また、開口部106において、このTi/密着層は良好なバリア性を有する膜として機能した。また、パーティクル発生、低減や組成の制御の面でも、従来のTiN層あるいはTiON層の形成よりも改善された。次いで、層間絶縁層104の上面上のタングステンから成る金属層を選択的にエッチバックして、開口部106内に金属層が形成されたメタルプラグを完成させる。

【0029】(実施例2) 図3に、実施例2で使用したECRプラズマプロセス装置200の概要を示す。尚、図3及び図2において、同一参照番号は同一の要素を示す。

【0030】図3に示すECRプラズマプロセス装置200は、Ti層を形成するための第1の成膜チャンバ2

10、及びTi系化合物から成る密着層（実施例2においては、TiB₂層）を成膜するための第2の成膜チャンバ220から成る。第1の成膜チャンバ210には、原料ガス供給部からマスフローコントローラ及び第1のガス導入部40を通して第1の原料ガスが供給される。また、第2の原料ガスが同様に、マスフローコントローラ及び第2のガス導入部42を通して成膜チャンバ210に供給される。第2の成膜チャンバ220には、原料ガス供給部からマスフローコントローラ及び第1のガス導入部40Aを通して第1の原料ガスが供給され、第2の原料ガスが、同様にマスフローコントローラ及び第2のガス導入部42Aを通して供給される。第1の成膜チャンバ210と第2の成膜チャンバ220とはゲートバルブ230を介して接続されている。また、ランプ加熱手段50、50Aが、それぞれの成膜チャンバ210、220内のサセプタ12、12Aの下に設けられている。

【0031】図3に示すプラズマプロセス装置200を使用して、ブランケットタングステンCVD法でコンタクトホールを形成する工程を、図1を参照して説明する。尚、半導体基板とタングステンから成る金属層との間に、先ずTi層を形成し、連続して、TiB₂から成る密着層を形成した。開口部内に形成される金属材料はタングステンから成る。

【0032】【工程-200】先ず、図1の(A)に示した構造の半導体素子を、実施例1と同様の方法で形成した。

【0033】【工程-210】次に同じく図3に示した2つの成膜チャンバを有するバイアス印加可能なECR-CVD装置にて、先ず、成膜チャンバ210内で、30nm厚さのTi層108を実施例1と同じ条件で形成する。即ち、Ti層108の形成条件を以下のとおりとした。第1の原料ガスとしてTiCl₄を、第2の原料ガスとしてH₂を使用した。

ガス TiCl₄/Ar/H₂=10/40/50sccm
温度 約400°C
圧力 0.13Pa
マイクロ波 2.8kW

尚、半導体基板100をランプ加熱手段50によって約400°Cに加熱しておく。尚、TiCl₄の代わりにTiCl₃を使用することもできる。

【0034】【工程-220】続いて、TiB₂から成る密着層を形成した。第1の原料ガスとしてTiCl₄を使用し、第2の原料ガスとしてBCl₃及びH₂ガスを使用了。即ち、Ti層の形成後、ゲートバルブ230を介して搬送手段（図3には図示せず）によって、半導体基板100を第2の成膜チャンバ220に搬入し、第1のガス導入部40AからTiCl₄を、第2のガス導入部42AからBCl₃及びH₂ガスを流し、TiB₂か

ら成る密着層110を形成する。TiB₂から成る密着層の具体的な形成条件は以下のとおりとした。尚、半導体基板100をランプ加熱手段50Aによって約650°Cに加熱しておく。

温度 約650°C
マイクロ波 2.8kW
圧力 0.13Pa
RFバイアス 300W
ガス TiCl₄/BCl₃/H₂/Ar

10 =10/30/30/50sccm

尚、ガス流量の比は適宜に設定することができる。尚、TiCl₄の代わりにTiCl₃を使用することもできる。また、BCl₃の代わりに、BBr₃、B₂H₆を使用することもできる。RFバイアスを印加するので、TiB₂のカバレッジが向上し、一層緻密な膜となり、バリア性が向上する。TiB₂から成る密着層110は低圧にて形成されるため、開口部106の底部にも厚く形成され、図1の(B)に示す構造が得られる。また、Clも揮発性の高い化合物HClという形態でECR-CVD装置200から排気され、Ti層及び密着層のCl含有量が少なくなり、膜質も向上する。又、これらの層を真空を破らず連続して形成するので、膜質も安定し、スループットも向上する。

【0035】【工程-230】次に、ブランケットタングステンCVD法にてタングステンから成る金属層を密着層110の上に形成する。形成条件を以下のとおりとした。

WF₆/H₂=60/360sccm
圧力 1.06×10⁴Pa
温度 475°C

あるいは又、実施例1と同様に2段階でタングステンから成る金属層を形成することもできる。

第1段階（核成長段階）

WF₆/SiH₄=25/10sccm
圧力 1.06×10⁴Pa
温度 475°C

第2段階（高速成長段階）

WF₆/H₂=60/360sccm
圧力 1.06×10⁴Pa
温度 475°C

これにより、開口部106内の密着層110上にカバレッジ良くタングステンから成る金属層112が形成された。こうして、図1の(C)に示す構造が得られた。この際、Ti/密着層にオーバーハングが生じることがなく、カバレッジも良いので、開口部106内の金属層にボイドが発生することがなかった。また、開口部106において、このTi/密着層は良好なバリア性を有する膜として機能した。また、パーティクル発生や組成の制御の面でも、従来のTiN層あるいはTiON層の形成よりも改善された。次いで、層間絶縁層104の

上面上のタングステンから成る金属層を選択的にエッチバックして、開口部106内に金属層が形成されたメタルプラグを完成させる。

【0036】(実施例3) 実施例3は、本発明の密着層及びメタルプラグ形成方法を、プランケットタングステンCVD法でコンタクトホールを形成する場合に適用した例であり、半導体基板とタングステンから成る金属層との間に、先ずTi層を形成し、次いで連続して密着層としてTiC₁を形成する。開口部内に形成される金属材料はタングステンから成る。実施例3においては、図2に示すECRプラズマプロセス装置を使用した。また、TiC₁層を形成するための原料ガスとして、TiCl₄/CH₄/H₂を使用した。

【0037】[工程-300] 先ず、図1の(A)に示した構造の半導体素子を、実施例1と同様の方法で形成した。

【0038】[工程-310] 次に、図2に示したECR-CVD装置1を用いて、Ti層を形成する。第1の原料ガスとしてTiCl₄を、第2の原料ガスとしてH₂を使用した。Ti層108の形成条件は、実施例1と同様であり、その詳細な説明は省略する。

【0039】[工程-320] 続いて、TiC₁から成る密着層を形成した。第1の原料ガスとしてTiCl₄を使用し、第2の原料ガスとしてCH₄及びH₂ガスを使用した。第1のガス導入部40からTiCl₄ガスを、第2のガス導入部42からCH₄及びH₂ガスを流し、厚さ50nmのTiC₁から成る密着層110をTi層108の上に形成する。TiC₁から成る密着層110の成膜条件を以下のとおりとした。

温度 約650°C

マイクロ波 2.8kW

圧力 0.13Pa

RFバイアス 300W

ガス TiCl₄/CH₄/H₂/Ar

=10/30/30/50sccm

尚、ガス流量の比は適宜に設定することができる。尚、TiCl₄の代わりにTiCl₃を使用することもできる。また、CH₄の代わりに、CCl₄、C₂H₆、COを使用することもできる。半導体基板100をランプ加熱手段50によって約650°Cに加熱しておく。また、RFバイアスを印加するので、TiC₁のカバレッジが向上し、一層緻密な膜となり、バリア性が向上する。TiC₁から成る密着層110は低圧にて形成されるため、開口部106の底部にも厚く形成され、図1の(B)に示す構造が得られる。また、Clも揮発性の高い化合物HClという形態でECR-CVD装置1から排気され、Ti層及び密着層のCl含有量が少なくなり、膜質も向上する。又、これらの層を真空を破らず連続して形成するので、膜質も安定し、スループットも向上する。

【0040】[工程-330] 次に、プランケットタングステンCVD法にてタングステンから成る金属層をTiC₁から成る密着層110の上に形成する。形成条件は、実施例1と同様であり、その詳細な説明は省略する。これにより、開口部106内の密着層110上にカバレッジ良くタングステンから成る金属層112が形成された。こうして、図1の(C)に示す構造が得られた。この際、Ti/密着層にオーバーハングが生じることがなく、カバレッジも良いので、開口部106内の金属層にボイドが発生することがなかった。また、開口部106において、このTi/密着層は良好なバリア性を有する膜として機能した。また、パーティクル発生低減や組成の制御の面でも、従来のTiN層あるいはTiON層の形成よりも改善された。次いで、層間絶縁層104の上面上のタングステンから成る金属層を選択的にエッチバックして、開口部106内に金属層が形成されたメタルプラグを完成させる。

【0041】(実施例4) 図3に示すプラズマプロセス装置200を使用して、プランケットタングステンCVD法でコンタクトホールを形成する工程を、図1を参照して説明する。尚、半導体基板とタングステンから成る金属層との間に、先ずTi層を形成し、連続して、TiC₁から成る密着層を形成した。開口部内に形成される金属材料はタングステンから成る。

【0042】[工程-400] 先ず、図1の(A)に示した構造の半導体素子を、実施例1と同様の方法で形成した。

【0043】[工程-410] 次に同じく図3に示した2つの成膜チャンバを有するバイアス印加可能なECR-CVD装置にて、先ず、成膜チャンバ210内で、30nm厚さのTi層108を形成した。形成条件は実施例2と同じ条件であり、その詳細な説明は省略する。

【0044】[工程-420] 続いて、TiC₁から成る密着層を形成した。第1の原料ガスとしてTiCl₄を使用し、第2の原料ガスとしてCH₄及びH₂ガスを使用した。即ち、Ti層の形成後、ゲートバルブ230を介して搬送手段(図3には図示せず)によって、半導体基板100を第2の成膜チャンバ220に搬入し、第1のガス導入部40AからTiCl₄を、第2のガス導入部42AからCH₄及びH₂ガスを流し、TiC₁から成る密着層110を形成する。TiC₁から成る密着層の具体的な形成条件は、実施例3におけるTiC₁の形成条件と同様であり、その詳細な説明は省略する。これによって、図1の(B)に示す構造が得られた。

【0045】[工程-430] 次に、プランケットタングステンCVD法にてタングステンから成る金属層を密着層110の上に形成する。形成条件は、実施例2と同様の条件であり、その詳細な説明は省略する。これによって、図1の(C)に示す構造が得られた。次いで、層間絶縁層104の上面上の金属層を選択的に

エッチバックして、開口部106内に金属層が形成されたメタルプラグを完成させる。

【0046】（実施例5）実施例5は、本発明の密着層及びメタルプラグ形成方法を、ブランケットタングステンCVD法でコンタクトホールを形成する場合に適用した例であり、半導体基板とタングステンから成る金属層との間に、先ずTi層を形成し、次いで連続して密着層としてTiB₂Ni_{1-x}を形成する。開口部内に形成される金属材料はタングステンから成る。実施例5においては、図2に示すECRプラズマプロセス装置を使用し、

また、TiB₂Ni_{1-x}層を形成するための原料ガスとして、TiCl₄/BCl₃/NH₃を使用した。

【0047】【工程-500】先ず、図1の（A）に示した構造の半導体素子を、実施例1と同様の方法で形成した。

【0048】【工程-510】次に、図2に示したECR-CVD装置1を用いて、Ti層を形成する。第1の原料ガスとしてTiCl₄を、第2の原料ガスとしてH₂を使用した。Ti層108の形成条件は、実施例1と同様であり、その詳細な説明は省略する。

【0049】【工程-520】続いて、TiB₂Ni_{1-x}から成る密着層を形成した。第1の原料ガスとしてTiCl₄を使用し、第2の原料ガスとしてBCl₃及びNH₃ガスを使用した。第1のガス導入部40からTiCl₄ガスを、第2のガス導入部42からBCl₃及びNH₃ガスを流し、厚さ50nmのTiB₂Ni_{1-x}から成る密着層110をTi層108の上に形成する。TiB₂Ni_{1-x}から成る密着層110の成膜条件を以下のとおりとした。

温度 約650°C

マイクロ波 2.8kW

圧力 0.13Pa

RFバイアス 300W

ガス TiCl₄/BCl₃/NH₃/Ar
=10/30/30/50sccm

尚、ガス流量の比は適宜に設定することができる。尚、TiCl₄の代わりにTiCl₃を使用することもできる。また、BCl₃の代わりに、BBr₃、B₂H₆を使用することもできる。更に、NH₃の代わりに、N₂とH₂、あるいはN₂Oを使用することもできる。半導体基板100をランプ加熱手段50によって約650°Cに加熱しておく。また、RFバイアスを印加するので、TiB₂Ni_{1-x}のカバレッジが向上し、一層緻密な膜となり、バリア性が向上する。TiB₂Ni_{1-x}から成る密着層110は低圧にて形成されるため、開口部106の底部にも厚く形成され、図1の（B）に示す構造が得られる。また、Clも揮発性の高い化合物HClという形態でECR-CVD装置1から排気され、Ti層及び密着層のCl含有量が少なくなり、膜質も向上する。又、これらの層を真空を破らず連続して形成するので、膜質も安定し、スループットも向上する。

【0050】【工程-530】次に、ブランケットタングステンCVD法にてタングステンから成る金属層をTiB₂Ni_{1-x}から成る密着層110の上に形成する。形成条件は、実施例1と同様であり、その詳細な説明は省略する。これにより、開口部106内の密着層110上にカバレッジ良くタングステンから成る金属層112が形成された。こうして、図1の（C）に示す構造が得られた。この際、Ti/密着層にオーバーハングが生じることがなく、カバレッジも良いので、開口部106内の金属層にボイドが発生することがなかった。また、開口部106において、このTi/密着層は良好なバリア性を有する膜として機能した。また、パーティクル発生 の低減や組成の制御の面でも、従来のTiN層あるいはTiON層の形成よりも改善された。次いで、層間絶縁層104の上面上のタングステンから成る金属層を選択的にエッチバックして、開口部106内に金属層が形成されたメタルプラグを完成させる。

【0051】（実施例6）図3に示すプラズマプロセス装置200を使用して、ブランケットタングステンCVD法でコンタクトホールを形成する工程を、図1を参照して説明する。尚、半導体基板とタングステンから成る金属層との間に、先ずTi層を形成し、連続して、TiB₂Ni_{1-x}から成る密着層を形成した。開口部内に形成される金属材料はタングステンから成る。

【0052】【工程-600】先ず、図1の（A）に示した構造の半導体素子を、実施例1と同様の方法で形成した。

【0053】【工程-610】次に同じく図3に示した2つの成膜チャンバを有するバイアス印加可能なECR-CVD装置にて、先ず、成膜チャンバ210内で、30nm厚さのTi層108を形成した。形成条件は実施例2と同じ条件であり、その詳細な説明は省略する。

【0054】【工程-620】続いて、TiB₂Ni_{1-x}から成る密着層を形成した。第1の原料ガスとしてTiCl₄を使用し、第2の原料ガスとしてBCl₃及びNH₃ガスを使用した。即ち、Ti層の形成後、ゲートバルブ230を介して搬送手段（図3には図示せず）によって、半導体基板100を第2の成膜チャンバ220に搬入し、第1のガス導入部40AからTiCl₄を、第2のガス導入部42AからBCl₃及びNH₃ガスを流し、TiB₂Ni_{1-x}から成る密着層110を形成する。TiB₂Ni_{1-x}から成る密着層の具体的な形成条件は、実施例5におけるTiB₂Ni_{1-x}の形成条件と同様であり、その詳細な説明は省略する。これによって、図1の（B）に示す構造が得られる。

【0055】【工程-630】次に、ブランケットタングステンCVD法にてタングステンから成る金属層112を密着層110の上に形成する。形成条件は、実施例2と同様の条件であり、その詳細な説明は省略する。これによって、こうして、図1の（C）に示す構造が得ら

れた。次いで、層間絶縁層104の上面上の金属層を選択的にエッチバックして、開口部106内に金属層が形成されたメタルプラグを完成させる。

【0056】(実施例7) 実施例7は、本発明の密着層及びメタルプラグ形成方法を、プランケットタングステンCVD法でコンタクトホールを形成する場合に適用した例であり、半導体基板とタングステンから成る金属層との間に、先ずTi層を形成し、次いで連続して密着層として TiC_1N_{1-x} を形成する。開口部内に形成される金属材料はタングステンから成る。実施例7においては、図2に示すECRプラズマプロセス装置を使用した。また、 TiC_1N_{1-x} 層を形成するための原料ガスとして、 $TiCl_4/CH_3CN/N_2$ を使用した。

【0057】[工程-700] 先ず、図1の(A)に示した構造の半導体素子を、実施例1と同様の方法で形成した。

【0058】[工程-710] 次に、図2に示したECR-CVD装置1を用いて、Ti層を形成する。第1の原料ガスとして $TiCl_4$ を、第2の原料ガスとして H_2 を使用した。Ti層108の形成条件は、実施例1と同様であり、その詳細な説明は省略する。

【0059】[工程-720] 続いて、 TiC_1N_{1-x} から成る密着層を形成した。第1の原料ガスとして $TiCl_4$ を使用し、第2の原料ガスとして CH_3CN 及び N_2 ガスを使用した。第1のガス導入口40から $TiCl_4$ ガスを、第2のガス導入口42から CH_3CN 及び N_2 ガスを流し、厚さ50nmの TiC_1N_{1-x} から成る密着層110をTi層108の上に形成する。 TiC_1N_{1-x} から成る密着層110の成膜条件を以下のとおりとした。

温度 約650°C

マイクロ波 2.8kW

圧力 0.13Pa

RFバイアス 300W

ガス $TiCl_4/CH_3CN/N_2/Ar$

=10/30/30/50sccm

尚、ガス流量の比は適宜に設定することができる。尚、 $TiCl_4$ の代わりに $TiCl_3$ を使用することもできる。また、 NH_3 の代わりに、 N_2 と H_2 、あるいは N_2O を使用することもできる。半導体基板100をランプ加熱手段50によって約650°Cに加熱しておく。また、RFバイアスを印加するので、 TiC_1N_{1-x} のカバレッジが向上し、一層緻密な膜となり、バリア性が向上する。 TiC_1N_{1-x} から成る密着層110は低圧にて形成されるため、開口部106の底部にも厚く形成され、図1の(B)に示す構造が得られる。また、Clも揮発性の高い化合物HClという形態でECR-CVD装置1から排気され、Ti層及び密着層のCl含有量が少なくなり、膜質も向上する。又、これらの層を真空を破らず連続して形成するので、膜質も安定し、スループットも向上する。

【0060】[工程-730] 次に、プランケットタングステンCVD法にてタングステンから成る金属層を TiC_1N_{1-x} から成る密着層110の上に形成する。形成条件は、実施例1と同様であり、その詳細な説明は省略する。これにより、開口部106内の密着層110上にカバレッジ良くタングステンから成る金属層112が形成された。こうして、図1の(C)に示す構造が得られた。この際、Ti/密着層にオーバーハングが生じることがなく、カバレッジも良いので、開口部106内の金属層にボイドが発生することがなかった。また、開口部106において、このTi/密着層は良好なバリア性を有する膜として機能した。また、パーティクル発生低減や組成の制御の面でも、従来のTiN層あるいはTiON層の形成よりも改善された。次いで、層間絶縁層104の上面上の金属層を選択的にエッチバックして、開口部106内に金属層が形成されたメタルプラグを完成させる。

【0061】(実施例8) 図3に示すプラズマプロセス装置200を使用して、プランケットタングステンCVD法でコンタクトホールを形成する工程を、図1を参照して説明する。尚、半導体基板とタングステンから成る金属層との間に、先ずTi層を形成し、連続して、 TiC_1N_{1-x} から成る密着層を形成した。開口部内に形成される金属材料はタングステンから成る。

【0062】[工程-800] 先ず、図1の(A)に示した構造の半導体素子を、実施例1と同様の方法で形成した。

【0063】[工程-810] 次に同じく図3に示した2つの成膜チャンバを有するバイアス印加可能なECR-CVD装置にて、先ず、成膜チャンバ210内で、30nm厚さのTi層108を形成した。形成条件は実施例2と同じ条件であり、その詳細な説明は省略する。

【0064】[工程-820] 続いて、 TiC_1N_{1-x} から成る密着層を形成した。第1の原料ガスとして $TiCl_4$ を使用し、第2の原料ガスとして CH_3CN 及び N_2 ガスを使用した。即ち、Ti層の形成後、ゲートバルブ230を介して搬送手段(図3には図示せず)によって、半導体基板100を第2の成膜チャンバ220に搬入し、第1のガス導入口40Aから $TiCl_4$ を、第2のガス導入口42Aから CH_3CN 及び N_2 ガスを流し、 TiC_1N_{1-x} から成る密着層110を形成する。 TiC_1N_{1-x} から成る密着層の具体的な形成条件は、実施例7における TiC_1N_{1-x} の形成条件と同様であり、その詳細な説明は省略する。これによって、図1の(B)に示す構造が得られる。

【0065】[工程-830] 次に、プランケットタングステンCVD法にてタングステンから成る金属層を密着層110の上に形成する。形成条件は、実施例2と同様の条件であり、その詳細な説明は省略する。これによって、図1の(C)に示す構造が得られた。

次いで、層間絶縁層104の上面上の金属層を選択的にエッチバックして、開口部106内に金属層が形成されたメタルプラグを完成させる。

【0066】以上、実施例に基づき、本発明の密着層及びメタルプラグの形成方法を説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。タングステンを使用したプラズマCVD法の代わりに、Mo、Ti、Ni、Co、Al、Cu等、あるいはW、Mo、Ti、Ni、Co等の各種シリサイドを使用したプラズマCVD法に本発明を適用することができる。また、アルミニウムを使用して、メタルプラグを選択CVD法で形成することもできる。

【0067】更には、プラズマCVD法の代わりに、所謂、アルミニウム又はアルミニウム合金を使用して高温スパッタ法にてメタルプラグを形成することも可能である。この高温スパッタ法においては、半導体基板が高温に加熱されているため、開口部内に堆積した配線材料も約400°C以上融点以下まで加熱される。その結果、軟化した配線材料が流動状態となり開口部内を流れることが可能となる。即ち、Ti層/密着層を形成した後、真空を破らずに連続して他のチャンバでAl-1%Siから成るアルミニウム合金を、例えば、以下の条件の高温スパッタ法に従って成膜することができる。

成膜パワー DC 10kW
スパッタ圧力 0.4Pa
基板加熱温度 500°C
プロセスガス Ar:100sccm
成膜速度 0.3~0.9μm/分

【0068】層間絶縁層は、SiO₂だけでなく、PSG、BSG、BPSG、AsSG、PbSG、SbSG、シリコン窒化膜、SION、SOG、SION等から構成することができ、従来のCVD法で形成することができる。また、開口部の形成は、通常、フォトリソグラフィ法及びリアクティブ・イオン・エッチング法で形成することができる。

【0069】また、不純物拡散領域にコンタクトホールを形成する実施例に基づいて本発明を説明したが、本発明のメタルプラグ形成方法は、配線材料によって形成された下層配線層と上層配線層を電気的に接続するための所謂ビヤホールの形成、あるいはスルーホールの形成にも適用することができる。

【0070】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の密着層及びメタルプラグ形成方法によれば、バリア性の高いTi系

化合物から成る密着層を、パーティクルの発生を抑制しつつ、安定性して形成でき、組成の制御も行い易い。更に、密着層の形成時酸素の添加が必要なくなり、原料ガスの制御が容易となる。しかも、TiON層の形成時、問題となる半導体基板のシート抵抗の変動も生じることがない。従って、信頼性の高いプロセスで半導体装置を製造することができる。又、例えばTi層とTi系化合物から成る密着層を連続して形成すれば、半導体基板を大気に暴露させることがなく、密着層等の膜質が向上するし、スルーホールも向上する。従って信頼性の高い電子デバイスを生産性良く製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の各実施例の工程を説明するための、半導体素子の模式的な一断面図である。

【図2】本発明の密着層の形成に適したCVD装置の一例の構成を示す図である。

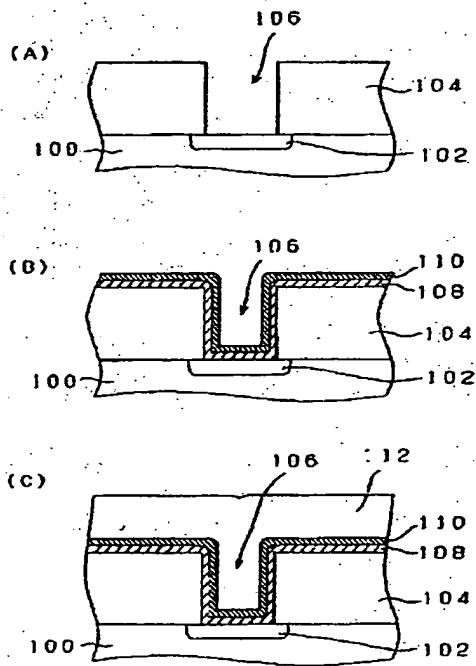
【図3】本発明の密着層の形成に適したCVD装置の別の例の構成を示す図である。

【図4】従来の技術における問題点を示す図である。

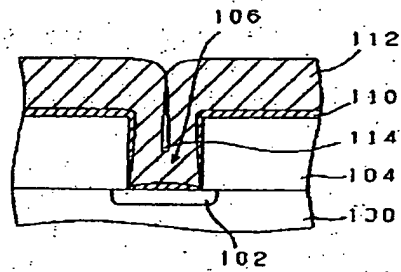
【符号の説明】

- 100 半導体基板
- 102 不純物拡散領域
- 104 層間絶縁層
- 106 開口部
- 108 Ti層
- 110 密着層
- 112 金属層
- 114 ボイド
- 1,200 プラズマプロセス装置
- 10,210,220 成膜チャンバ
- 20 プラズマチャンバ
- 12,12A サセプタ
- 16 ガス排気部
- 22 マイクロ波導入窓
- 24 磁気コイル
- 26 レクタングュラーウェイブガイド
- 28 RF電源
- 30 Arガス導入口
- 32 プラズマ流
- 34 RFバイアス印加装置
- 40,40A,42,42A ガス導入部
- 50,50A ランプ加熱手段
- 52 ランプ
- 230 ゲートバルブ

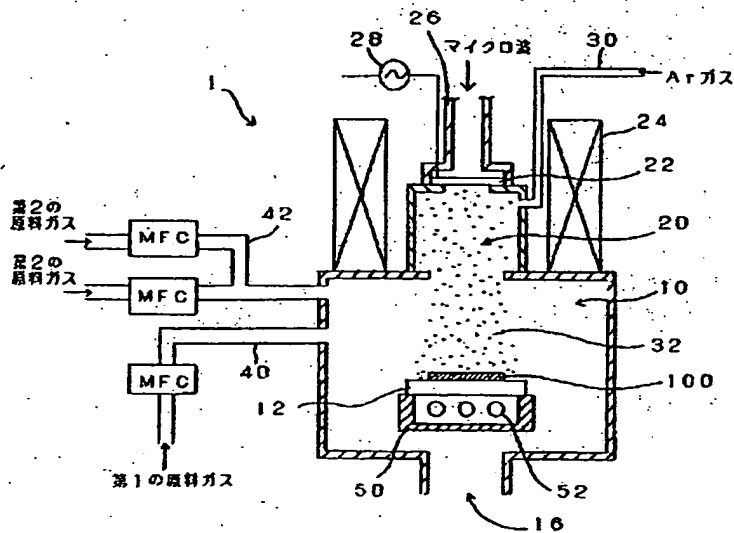
【図1】



【図4】

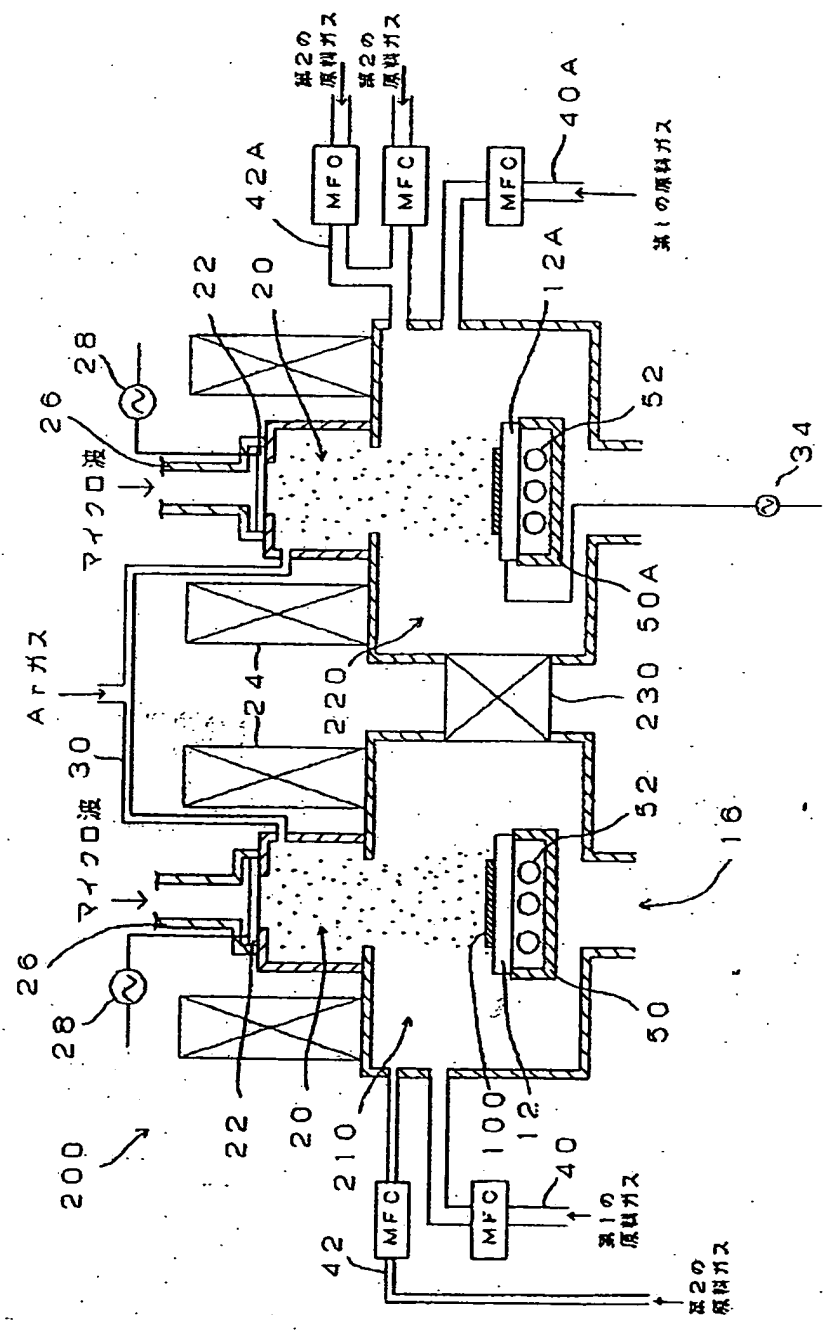


【図2】



(11)

【図3】



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] the semiconductor device for explaining the process of each example of this invention is typical -- it is a cross section in part

[Drawing 2] It is drawing showing the composition of an example of the CVD system suitable for formation of the adhesion layer of this invention.

[Drawing 3] It is drawing showing the composition of another example of the CVD system suitable for formation of the adhesion layer of this invention.

[Drawing 4] It is drawing showing the trouble in a Prior art.

[Description of Notations]

100 Semiconductor Substrate

102 Impurity Diffusion Field

104 Layer Insulation Layer

106 Opening

108 Ti Layer

110 Adhesion Layer

112 Metal Layer

114 Void

1,200 Plasma process equipment

10,210,220 Membrane formation chamber

20 Plasma Chamber

12 12A Susceptor

16 Flueing Section

22 Microwave Introduction Aperture

24 Magnetic Coil

26 Recreation TANGYURA Wave Guide

28 RF Power Supply

30 Ar Gas Inlet

32 Plasma Style

34 RF Bias Impression Equipment

40, 40A, 42, 42A Gas induction

50 50A Lamp heating means

52 Lamp

230 Gate Valve

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] this invention relates to the metal plug formation method in manufacture of a semiconductor device.

[0002]

[Description of the Prior Art] Electron devices, such as a semiconductor device, are turning minutely every year. especially, the size of a contact hole, a beer hall, or a through hole (the following -- naming generically -- connection -- it is also called a hole) is also becoming still smaller with detailed-izing of a semiconductor integrated circuit connection -- a hole is formed by embedding a wiring material at opening formed on the semiconductor substrate connection already detailed with the conventional spatter technology which embeds opening by this wiring material by the bias spatter method etc., using aluminum or an aluminium alloy as a wiring material -- formation of a hole is difficult

[0003] The so-called blanket CVD with step coverage sufficient under such a background attracts attention. In this blanket CVD, as shown in drawing 4 , opening 106 is formed in the layer insulation layer 104 formed on the semiconductor substrate 100, and the metal layer 112 which consists of a tungsten is formed on the upper surface of a layer insulation layer, and in opening in CVD. then, the metal plug which removes alternatively the metal layer 112 on the upper surface of a layer insulation layer by etchback, and consists of a metal in opening 106 -- forming -- this -- connection -- a hole is completed In addition, 102 is an impurity diffusion field.

[0004] In the blanket CVD using this tungsten, since the ground and adhesion of a tungsten of semiconductor substrate 100 grade are bad, it is made indispensable to form an adhesion layer between a metal layer and a semiconductor substrate. As an adhesion layer, many TiN layers or TiON layers are used. However, when the coverage of the adhesion layer 110 to opening is bad and a metal layer is made to deposit on the layer insulation layer 104 and in opening 106 in blanket CVD as shown in drawing 4 , the problem that a void (centrum) 114 arises is in the metal layer in opening 106.

[0005] Furthermore, when usually forming the adhesion layer which consists of TiN by CVD, in order to use TiCl₄ as material gas, the problem that Cl is easy to be incorporated is in a TiN layer. this -- reference, "Photo Assisted LP-CVD TiN For Deep Submicron Contact Using Organo-titanium Compound", Koichi Ikeda et al, and 1990 Symposium on VLSI Technology pp 61-62 Refer to. If Cl is incorporated by the TiN layer, the quality of a TiN layer (adhesion layer) will deteriorate and barrier nature will fall.

[0006] Then, the method of forming a TiN layer by the electron cyclotron resonance (efficient consumer response) plasma CVD method is proposed (for example, the spring of 1990

collection [of Japan Society of Applied Physics drafts] 29 a-ZA-6 [besides Akabori which is 591 pages] reference). According to this method, a TiN layer can be formed with sufficient coverage and it is supposed by moreover forming TiN at 650-degree about C temperature that the amount of incorporation of Cl to the inside of a TiN layer decreased.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] When using the two-layer structure of Ti/TiN which reduced resistance between impurity diffusion fields with a TiN layer by forming Ti layer in the bottom of a TiN layer or a TiN layer as an adhesion layer in blanket CVD as mentioned above, in a TiN layer, it is hard to say that thermal resistance and barrier property are enough. Then, although the method of forming a TiON layer instead of a TiN layer is proposed, the problem that the particle of TiO₂ occurs is during formation of a TiON layer.

[0008] Moreover, there is also a problem that control of the material gas composition at the time of the TiON stratification is difficult. Oxygen is contained in the gas which remained to TiON membrane formation equipment, and it is [the] reasonable in that TiON must be formed in consideration of the oxygen which remained to TiON membrane formation equipment, and Ti tending to oxidize at the time of TiON formation.

[0009] Furthermore, there is a problem that sheet resistance of the semiconductor substrate after membrane formation increases as the processing number of sheets of a semiconductor substrate increases, when a TiON layer is formed by the spatter. In order to adsorb O₂ passed in the processing room at the time of the start of spatter processing of Ti adhering to the wall of the processing room of a sputtering system, this cause Since the oxygen by which a getter is carried out to Ti adhering to the wall of the processing room of a sputtering system decreases as sheet resistance of the semiconductor substrate after membrane formation becomes low and the processing number of sheets of the semiconductor substrate in a sputtering system increases, The oxygen incorporated by the TiON layer increases and it is thought that it is because sheet resistance of a semiconductor substrate becomes high. Therefore, a new adhesion layer which has the high thermal resistance by which the property was stabilized is desired.

[0010] Therefore, the purpose of this invention has the adhesion which is high thermal resistance and was excellent, and there is little generation of particle at the time of formation, moreover, control of the material gas at the time of formation is easy for it, and it is further to offer the adhesion layer by which the property was stabilized. Furthermore, the purpose of this invention is to offer the formation method of a metal plug including formation of this adhesion layer.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The adhesion layer for the metal plug of a semiconductor device characterized by consisting of the composition chosen from the group which consists of TiBX, TiCX, TiBXN_{1-X}, or TiCXN_{1-X} by the 1st mode of this invention can attain the above-mentioned purpose.

[0012] X in TiBX is $0.1 < X \leq 2$. X in TiCX is $0.1 < X \leq 2$. X in TiBXN_{1-X} is $0.1 < X < 0.9$. Moreover, X in TiCXN_{1-X} is $0.1 < X < 0.9$.

[0013] The process at which the above-mentioned purpose forms opening in the layer insulation layer formed on the (b) semiconductor substrate by the 2nd mode of this invention, The process which forms the adhesion layer which consists of the composition chosen from the group which consists of (b)s TiBX and TiCX, TiBXN_{1-X}, or TiCXN_{1-X} in the upper surface of a layer insulation layer, and opening, the process which forms a (c) metallic material in opening -- since -- it can attain by the metal plug formation method of this invention characterized by changing

[0014] According to the desirable embodiment of the metal plug formation method of this

invention, after the process of the aforementioned (b), Ti layer is formed in the upper surface of a layer insulation layer, and opening, and, subsequently, the process of the aforementioned (b) is performed continuously.

[0015] According to the still more desirable embodiment of the metal plug formation method of this invention, the aforementioned adhesion layer is formed by the electron cyclotron resonance plasma CVD method.

[0016]

[Function] When the adhesion layer of this invention consists of TiBX or TiCX, compared with TiN, there is also little generating of particle, and since it is two elements, it is easy to perform control of composition. TiBX or TiCX has good barrier property originally. Furthermore, at the time of formation of an adhesion layer, addition of oxygen becomes unnecessary and it becomes easy to control [of material gas] it. And change of sheet resistance of the semiconductor substrate which poses a problem at the time of formation of a TiON layer is not produced, either. Therefore, a semiconductor device can be manufactured in a reliable process.

[0017] Although there is also little generating of particle and it is three elements compared with TiN when an adhesion layer consists of TiBXN1-X or TiCXN1-X, it is easy to perform control of composition. TiBXN1-X or TiCXN1-X has good barrier property originally. Furthermore, at the time of formation of an adhesion layer, addition of oxygen becomes unnecessary and it becomes easy to control [of material gas] it. And change of sheet resistance of the semiconductor substrate which poses a problem at the time of formation of a TiON layer is not produced, either. Therefore, a semiconductor device can be manufactured in a reliable process.

[0018] According to the desirable embodiment in the metal plug formation method of this invention, Ti layer / adhesion layer is formed continuously. So, about [that contact resistance of a metal plug may be reduced further] and a throughput can be raised.

[0019] According to the still more desirable embodiment in the metal plug formation method of this invention, an adhesion layer is formed by the electron cyclotron resonance plasma CVD method (efficient consumer response-CVD) which can form high-density plasma. An adhesion layer can be formed at low temperature compared with the heat CVD which forms membranes by about 700 degreeC, and, moreover, an adhesion layer can be made to deposit on the pars basilaris ossis occipitalis of opening thickly by such efficient consumer response-CVD. Since it can form especially using reactant high CH₃CN when an adhesion layer consists of TiCXN1-X, as compared with other Ti compounds, membranes can be further formed at low temperature.

[0020]

[Example] Hereafter, this invention is explained based on an example with reference to a drawing.

(Example 1) An example 1 is an example which applied the adhesion layer of this invention, and the metal plug formation method when a contact hole was formed by blanket tungsten CVD, forms Ti layer first between a semiconductor substrate and the metal layer which consists of a tungsten, and, subsequently forms TiBX in it as an adhesion layer continuously. The metallic material formed in opening consists of a tungsten. In the example 1, the efficient consumer response plasma process equipment which can take the long mean free path of material gas and which is shown in drawing 2 was used. Moreover, TiCl₄ / BCl₃/H₂ were used as material gas for forming a TiBX layer.

[0021] First, the outline of the efficient consumer response plasma process equipment shown in drawing 2 is explained. Plasma process equipment 1 consists of the membrane formation chamber 10 and the plasma chamber 20. The susceptor 12 for laying the semiconductor

substrate 100 in the membrane formation chamber 10 is arranged. The lamp heating means 50 is arranged under the susceptor 12. The semiconductor substrate 100 can be heated by the lamp heating means 50.

[0022] The plasma chamber 20 is open for free passage with the upper part of the membrane formation chamber 10. The microwave introduction aperture 22 is formed in the upper part of the plasma chamber 20, and the recreation TANGYURA wave guide 26 for introducing 2.45MHz microwave is formed in the upper part of the microwave introduction aperture 22. The magnetic coil 24 is arranged around the plasma chamber 20. RF power is added to the microwave introduction aperture 22 from the RF power supply 28. Argon gas is supplied to the plasma chamber 20 from the argon gas inlet 30. argon gas is introduced in order to clean the microwave introduction aperture 22 (1989 Toshiharu's collection of the Japan Society of Applied Physics drafts refer to 721-page Akabori 3P-2 F-1 about this technology)

[0023] From the 1st material gas feed zone, it lets a mass-flow controller and the 1st gas induction 40 pass in the membrane formation chamber 10, and the 1st material gas which consists of Ti system compound is supplied to it. Moreover, various kinds of 2nd material gas is similarly supplied to the membrane formation chamber 10 through a mass-flow controller and the 2nd gas induction 42. The gas in the membrane formation chamber 10 is exhausted out of a system from the flueing section 16. In addition, 32 are a plasma style among drawing 2 . Moreover, 100 is a semiconductor substrate which has the structure shown in drawing 1 . It acts as the monitor of the temperature of the semiconductor substrate 100 with a thermocouple (not shown), the supply voltage to a lamp 52 is controlled by the well-known temperature-control means (not shown), and the temperature of the semiconductor substrate 100 is kept constant.

[0024] The efficient consumer response plasma process equipment shown in drawing 2 is used hereafter, and the process which forms a contact hole by blanket tungsten CVD is explained with reference to drawing 1 .

[0025] On the impurity diffusion field 102 of the substrates 100, such as a [process -100] silicon substrate, the layer insulation layer 104 which consists of SiO₂ is formed by CVD, the photolithography method and the dry etching method are used for this layer insulation layer 104, and opening 106 is formed (refer to (A) of drawing 1). Various kinds of usual methods can be suitably used for this process.

[0026] Ti layer is formed using [a process -110], next efficient consumer response-CVD system 1 shown in drawing 2 . TiCl₄ was used as the 1st material gas, and H₂ was used as the 2nd material gas. First, the 2nd gas induction 42 to H₂ gas is supplied for TiCl₄ gas to the membrane formation chamber 10 from the 1st gas induction 40, and the Ti layer 108 with a thickness of 30nm is formed on the upper surface of the layer insulation layer 104, and in opening 106. The membrane formation conditions of the Ti layer 108 were carried out as follows.

Gas TiCl₄/Ar/H₂=10/40/50sccm temperature About 400 degreeC pressure 0.13Pa microwave 2.8kW semiconductor substrate 100 is heated by about 400 degreeC by the lamp heating means 50. In addition, TiCl₃ can also be used instead of TiCl₄.

[0027] The [process -120], then the adhesion layer which consists of TiBX were formed. TiCl₄ was used as the 1st material gas, and BCl₃ and H₂ gas were used as the 2nd material gas. The adhesion layer 110 which passes the 2nd gas induction 42 to BCl₃ and H₂ gas, and consists the 1st gas induction 40 to TiCl₄ gas of TiBX with a thickness of 50nm is formed on the Ti layer 108. The membrane formation conditions of the adhesion layer 110 which consists of TiBX were carried out as follows. temperature About 650 degreeC microwave 2.8kW pressure 0.13PaRF bias 300W gas TiCl₄/BCl₃/H₂/Ar=10/30/30/-- in addition, the ratio of a quantity of gas flow can be set up suitably 50 sccm In addition, TiCl₃ can also be used instead

of TiCl_4 . Moreover, BBr_3 and B_2H_6 can also be used instead of BCl_3 . The semiconductor substrate 100 is heated to about 650 degreeC by the lamp heating means 50. Moreover, since RF bias is impressed, the coverage of TiBX improves, it becomes a much more precise film and barrier property improves. Since the adhesion layer 110 which consists of TiBX is formed in low voltage, it is thickly formed also in the pars basilaris ossis occipitalis of opening 106, and the structure shown in (B) of drawing 1 is acquired. Moreover, Cl is also exhausted from efficient consumer response-CVD system 1 with the gestalt of the volatile high compound HCl , and its Cl content of Ti layer and an adhesion layer decreases, and membraneous quality's improves. Moreover, since these layers are not broken but a vacuum is formed continuously, membraneous quality is also stabilized and a throughput also improves.

[0028] [A process -130], next the metal layer which consists of a tungsten in blanket tungsten CVD are formed on the adhesion layer 110 which consists of TiBX . Formation conditions were made into the following two stages.

The 1st phase (nuclear-growth stage)

$\text{WF}_6/\text{SiH}_4=25$ / 10sccm pressure $1.06 \times 10^4 \text{Pa}$ temperature The 475 degreeC 2nd phase (high-speed growth step)

$\text{WF}_6/\text{H}_2=60$ / 360sccm pressure $1.06 \times 10^4 \text{Pa}$ temperature 475degreeC -- the metal layer 112 which consists with coverage sufficient on the adhesion layer 110 in opening 106 of a tungsten by this was formed In this way, the structure shown in (C) of drawing 1 was acquired. Under the present circumstances, a void did not occur in the metal layer which an overhang does not arise in Ti / adhesion layer, and consists of the tungsten in opening 106 since coverage is also good. Moreover, in opening 106, this Ti / adhesion layer functioned as a film which has good barrier property. Moreover, it has been improved rather than formation of the conventional TiN layer or a TiON layer also in reduction of particle generating, or the field of control of composition. Subsequently, etchback of the metal layer which consists of the tungsten on the upper surface of the layer insulation layer 104 is carried out alternatively, and the metal plug by which the metal layer was formed in opening 106 is completed.

[0029] (Example 2) The outline of the efficient consumer response plasma process equipment 200 used for drawing 3 in the example 2 is shown. In addition, in drawing 3 and drawing 2 , the same reference number shows the same element.

[0030] The efficient consumer response plasma process equipment 200 shown in drawing 3 consists of the 2nd membrane formation chamber 220 for forming the adhesion layer (it setting in the example 2 and being a TiBX layer) which consists of the 1st membrane formation chamber 210 and Ti system compound for forming Ti layer. The 1st material gas is supplied to the 1st membrane formation chamber 210 through a mass-flow controller and the 1st gas induction 40 from a material gas feed zone. Moreover, the 2nd material gas is similarly supplied to the membrane formation chamber 210 through a mass-flow controller and the 2nd gas induction 42. The 1st material gas is supplied to the 2nd membrane formation chamber 220 through a mass-flow controller and 1st gas induction 40A from a material gas feed zone, and the 2nd material gas is similarly supplied to it through a mass-flow controller and 2nd gas induction 42A. The 1st membrane formation chamber 210 and the 2nd membrane formation chamber 220 are connected through the gate valve 230. Moreover, the lamp heating meanses 50 and 50A are formed in the bottom of the susceptors 12 and 12A in each membrane formation chamber 210,220.

[0031] The plasma process equipment 200 shown in drawing 3 is used, and the process which forms a contact hole by blanket tungsten CVD is explained with reference to drawing 1 . In addition, Ti layer was first formed between the semiconductor substrate and the metal layer which consists of a tungsten, and the adhesion layer which consists of TiBX was formed continuously. The metallic material formed in opening consists of a tungsten.

[0032] [Process -200] The semiconductor device of the structure shown in (A) of drawing 1 was first formed by the same method as an example 1.

[0033] [Process -210] The Ti layer 108 of 30nm thickness is first formed on the same conditions as an example 1 within the membrane formation chamber 210 in the efficient consumer response-CVD system which has two membrane formation chambers shown in drawing 3 as well as the degree and in which bias impression is possible. That is, the formation conditions of the Ti layer 108 were carried out as follows. TiCl_4 was used as the 1st material gas, and H_2 was used as the 2nd material gas.

Gas $\text{TiCl}_4/\text{Ar}/\text{H}_2=10/40/50\text{sccm}$ temperature About 400 degreeC pressure 0.13Pa microwave In addition, 2.8kW of semiconductor substrates 100 is heated to about 400 degreeC by the lamp heating means 50. In addition, TiCl_3 can also be used instead of TiCl_4 .

[0034] The [process -220], then the adhesion layer which consists of TiBX were formed. TiCl_4 was used as the 1st material gas, and BCl_3 and H_2 gas were used as the 2nd material gas. That is, after formation of Ti layer, through a gate valve 230, the semiconductor substrate 100 is carried in to the 2nd membrane formation chamber 220, and the adhesion layer 110 which passes BCl_3 and H_2 gas from the 2nd gas inlet 42A, and consists the 1st gas inlet 40A to TiCl_4 of TiBX is formed by the conveyance means (not shown to drawing 3). The concrete formation conditions of the adhesion layer which consists of TiBX were carried out as follows. In addition, the semiconductor substrate 100 is heated to about 650 degreeC by lamp heating means 50A.

temperature About 650 degreeC microwave 2.8kW pressure 0.13PaRF bias 300W gas $\text{TiCl}_4/\text{BCl}_3/\text{H}_2/\text{Ar}=10/30/30/--$ in addition, the ratio of a quantity of gas flow can be set up suitably 50 sccm In addition, TiCl_3 can also be used instead of TiCl_4 . Moreover, BBr_3 and B-2 H6 can also be used instead of BCl_3 . Since RF bias is impressed, the coverage of TiBX improves, it becomes a much more precise film and barrier property improves. Since the adhesion layer 110 which consists of TiBX is formed in low voltage, it is thickly formed also in the pars basilaris ossis occipitalis of opening 106, and the structure shown in (B) of drawing 1 is acquired. Moreover, Cl is also exhausted from efficient consumer response-CVD system 200 with the gestalt of the volatile high compound HCl, and its Cl content of Ti layer and an adhesion layer decreases, and membraneous quality's improves. Moreover, since these layers are not broken but a vacuum is formed continuously, membraneous quality is also stabilized and a throughput also improves.

[0035] [A process -230], next the metal layer which consists of a tungsten in blanket tungsten CVD are formed on the adhesion layer 110. Formation conditions were carried out as follows. $\text{WF}_6/\text{H}_2=60 / 360\text{sccm}$ pressure $1.06 \times 10^4 \text{Pa}$ temperature 475degreeC or the metal layer which consists of a tungsten in two stages like an example 1 again can also be formed.

The 1st phase (nuclear-growth stage)

$\text{WF}_6/\text{SiH}_4=25 / 10\text{sccm}$ pressure $1.06 \times 10^4 \text{Pa}$ temperature The 475 degreeC 2nd phase (high-speed growth step)

$\text{WF}_6/\text{H}_2=60 / 360\text{sccm}$ pressure $1.06 \times 10^4 \text{Pa}$ temperature 475degreeC -- the metal layer 112 which consists with coverage sufficient on the adhesion layer 110 in opening 106 of a tungsten by this was formed In this way, the structure shown in (C) of drawing 1 was acquired. Under the present circumstances, by an overhang not arising in Ti / adhesion layer, since coverage was also good, a void did not occur in the metal layer in opening 106. Moreover, in opening 106, this Ti / adhesion layer functioned as a film which has good barrier property. Moreover, it has been improved rather than formation of the conventional TiN layer or a TiON layer also in reduction of particle generating, or the field of control of composition. Subsequently, etchback of the metal layer which consists of the tungsten on the upper surface of the layer insulation layer 104 is carried out alternatively, and the metal plug by which the metal layer was formed

in opening 106 is completed.

[0036] (Example 3) An example 3 is an example which applied the adhesion layer of this invention, and the metal plug formation method when a contact hole was formed by blanket tungsten CVD, forms Ti layer first between a semiconductor substrate and the metal layer which consists of a tungsten, and, subsequently forms TiCX in it as an adhesion layer continuously. The metallic material formed in opening consists of a tungsten. In the example 3, the efficient consumer response plasma process equipment shown in drawing 2 was used. Moreover, TiCl_4 / CH_4/H_2 were used as material gas for forming a TiCX layer.

[0037] [Process -300] The semiconductor device of the structure shown in (A) of drawing 1 was first formed by the same method as an example 1.

[0038] Ti layer is formed using [a process -310], next efficient consumer response-CVD system 1 shown in drawing 2. TiCl_4 was used as the 1st material gas, and H_2 was used as the 2nd material gas. The formation conditions of the Ti layer 108 are the same as an example 1, and the detailed explanation is omitted.

[0039] The [process -320], then the adhesion layer which consists of TiCX were formed. TiCl_4 was used as the 1st material gas, and CH_4 and H_2 gas was used as the 2nd material gas. The adhesion layer 110 which passes the 2nd gas induction 42 to CH_4 and H_2 gas, and consists the 1st gas induction 40 to TiCl_4 gas of TiCX with a thickness of 50nm is formed on the Ti layer 108. The membrane formation conditions of the adhesion layer 110 which consists of TiCX were carried out as follows.

temperature About 650 degreeC microwave 2.8kW pressure 0.13PaRF bias 300W gas $\text{TiCl}_4/\text{CH}_4/\text{H}_2/\text{Ar}=10/30/30/--$ in addition, the ratio of a quantity of gas flow can be set up suitably 50 sccm In addition, TiCl_3 can also be used instead of TiCl_4 . Moreover, CCl_4 , C_2H_6 , and CO can also be used instead of CH_4 . The semiconductor substrate 100 is heated to about 650 degreeC by the lamp heating means 50. Moreover, since RF bias is impressed, the coverage of TiCX improves, it becomes a much more precise film and barrier property improves. Since the adhesion layer 110 which consists of TiCX is formed in low voltage, it is thickly formed also in the pars basilaris ossis occipitalis of opening 106, and the structure shown in (B) of drawing 1 is acquired. Moreover, Cl is also exhausted from efficient consumer response-CVD system 1 with the gestalt of the volatile high compound HCl , and its Cl content of Ti layer and an adhesion layer decreases, and membraneous quality's improves. Moreover, since these layers are not broken but a vacuum is formed continuously, membraneous quality is also stabilized and a throughput also improves.

[0040] [A process -330], next the metal layer which consists of a tungsten in blanket tungsten CVD are formed on the adhesion layer 110 which consists of TiCX. Formation conditions are the same as an example 1, and the detailed explanation is omitted. The metal layer 112 which consists with coverage sufficient on the adhesion layer 110 in opening 106 of a tungsten by this was formed. In this way, the structure shown in (C) of drawing 1 was acquired. Under the present circumstances, by an overhang not arising in Ti / adhesion layer, since coverage was also good, a void did not occur in the metal layer in opening 106. Moreover, in opening 106, this Ti / adhesion layer functioned as a film which has good barrier property. Moreover, it has been improved rather than formation of the conventional TiN layer or a TiON layer also in reduction of particle generating, or the field of control of composition. Subsequently, etchback of the metal layer which consists of the tungsten on the upper surface of the layer insulation layer 104 is carried out alternatively, and the metal plug by which the metal layer was formed in opening 106 is completed.

[0041] (Example 4) The plasma process equipment 200 shown in drawing 3 is used, and the process which forms a contact hole by blanket tungsten CVD is explained with reference to drawing 1. In addition, Ti layer was first formed between the semiconductor substrate and the

metal layer which consists of a tungsten, and the adhesion layer which consists of TiCX was formed continuously. The metallic material formed in opening consists of a tungsten.

[0042] [Process -400] The semiconductor device of the structure shown in (A) of drawing 1 was first formed by the same method as an example 1.

[0043] [Process -410] The Ti layer 108 of 30nm thickness was first formed within the membrane formation chamber 210 in the efficient consumer response-CVD system which has two membrane formation chambers shown in drawing 3 as well as the degree and in which bias impression is possible. Formation conditions are the same conditions as an example 2, and the detailed explanation is omitted.

[0044] The [process -420], then the adhesion layer which consists of TiCX were formed. $TiCl_4$ was used as the 1st material gas, and CH_4 and H_2 gas was used as the 2nd material gas. That is, after formation of Ti layer, through a gate valve 230, the semiconductor substrate 100 is carried in to the 2nd membrane formation chamber 220, and the adhesion layer 110 which passes CH_4 and H_2 gas from the 2nd gas inlet 42A, and consists the 1st gas inlet 40A to $TiCl_4$ of TiCX is formed by the conveyance means (not shown to drawing 3). The concrete formation conditions of the adhesion layer which consists of TiCX are the same as the formation conditions of TiCX in an example 3, and the detailed explanation is omitted. The structure shown in (B) of drawing 1 was acquired by this.

[0045] [A process -430], next the metal layer which consists of a tungsten in blanket tungsten CVD are formed on the adhesion layer 110. Formation conditions are the same conditions as an example 2, and the detailed explanation is omitted. The structure shown in (C) of drawing 1 was acquired in this way by this. Subsequently, etchback of the metal layer on the upper surface of the layer insulation layer 104 is carried out alternatively, and the metal plug by which the metal layer was formed in opening 106 is completed.

[0046] (Example 5) An example 5 is an example which applied the adhesion layer of this invention, and the metal plug formation method when a contact hole was formed by blanket tungsten CVD, forms Ti layer first between a semiconductor substrate and the metal layer which consists of a tungsten, and, subsequently forms $TiBXN_{1-X}$ in it as an adhesion layer continuously. The metallic material formed in opening consists of a tungsten. In the example 5, the efficient consumer response plasma process equipment shown in drawing 2 was used. Moreover, $TiCl_4/BCl_3/NH_3$ was used as material gas for forming $TiBXN_{1-X}$ zone.

[0047] [Process -500] The semiconductor device of the structure shown in (A) of drawing 1 was first formed by the same method as an example 1.

[0048] Ti layer is formed using [a process -510], next efficient consumer response-CVD system 1 shown in drawing 2. $TiCl_4$ was used as the 1st material gas, and H_2 was used as the 2nd material gas. The formation conditions of the Ti layer 108 are the same as an example 1, and the detailed explanation is omitted.

[0049] The [process -520], then the adhesion layer which consists of $TiBXN_{1-X}$ were formed. $TiCl_4$ was used as the 1st material gas, and BCl_3 and NH_3 gas was used as the 2nd material gas. The adhesion layer 110 which passes the 2nd gas induction 42 to BCl_3 and NH_3 gas, and consists the 1st gas induction 40 to $TiCl_4$ gas of $TiBXN_{1-X}$ with a thickness of 50nm is formed on the Ti layer 108. The membrane formation conditions of the adhesion layer 110 which consists of $TiBXN_{1-X}$ were carried out as follows.

temperature About 650 degreeC microwave 2.8kW pressure 0.13PaRF bias 300W gas $TiCl_4/BCl_3/NH_3/Ar=10/30/30/--$ in addition, the ratio of a quantity of gas flow can be set up suitably 50 sccm In addition, $TiCl_3$ can also be used instead of $TiCl_4$. Moreover, BBr_2 and B-2 H6 can also be used instead of BCl_3 . Furthermore, N_2 , H_2 , or N_2O can also be used instead of NH_3 . The semiconductor substrate 100 is heated to about 650 degreeC by the lamp heating means 50. Moreover, since RF bias is impressed, the coverage of $TiBXN_{1-X}$ improves, it

becomes a much more precise film and barrier property improves. Since the adhesion layer 110 which consists of TiBXN1-X is formed in low voltage, it is thickly formed also in the pars basilaris ossis occipitalis of opening 106, and the structure shown in (B) of drawing 1 is acquired. Moreover, Cl is also exhausted from efficient consumer response-CVD system 1 with the gestalt of the volatile high compound HCl, and its Cl content of Ti layer and an adhesion layer decreases, and membrane quality's improves. Moreover, since these layers are not broken but a vacuum is formed continuously, membrane quality is also stabilized and a throughput also improves.

[0050] [A process -530], next the metal layer which consists of a tungsten in blanket tungsten CVD are formed on the adhesion layer 110 which consists of TiBXN1-X. Formation conditions are the same as an example 1, and the detailed explanation is omitted. The metal layer 112 which consists with coverage sufficient on the adhesion layer 110 in opening 106 of a tungsten by this was formed. In this way, the structure shown in (C) of drawing 1 was acquired. Under the present circumstances, by an overhang not arising in Ti / adhesion layer, since coverage was also good, a void did not occur in the metal layer in opening 106. Moreover, in opening 106, this Ti / adhesion layer functioned as a film which has good barrier property. Moreover, it has been improved rather than formation of the conventional TiN layer or a TiON layer also in reduction of particle generating, or the field of control of composition. Subsequently, etchback of the metal layer which consists of the tungsten on the upper surface of the layer insulation layer 104 is carried out alternatively, and the metal plug by which the metal layer was formed in opening 106 is completed.

[0051] (Example 6) The plasma process equipment 200 shown in drawing 3 is used, and the process which forms a contact hole by blanket tungsten CVD is explained with reference to drawing 1. In addition, Ti layer was first formed between the semiconductor substrate and the metal layer which consists of a tungsten, and the adhesion layer which consists of TiBXN1-X was formed continuously. The metallic material formed in opening consists of a tungsten.

[0052] [Process -600] The semiconductor device of the structure shown in (A) of drawing 1 was first formed by the same method as an example 1.

[0053] [Process -610] The Ti layer 108 of 30nm thickness was first formed within the membrane formation chamber 210 in the efficient consumer response-CVD system which has two membrane formation chambers shown in drawing 3 as well as the degree and in which bias impression is possible. Formation conditions are the same conditions as an example 2, and the detailed explanation is omitted.

[0054] The [process -620], then the adhesion layer which consists of TiBXN1-X were formed. $TiCl_4$ was used as the 1st material gas, and BCl_3 and NH_3 gas was used as the 2nd material gas. That is, after formation of Ti layer, through a gate valve 230, the semiconductor substrate 100 is carried in to the 2nd membrane formation chamber 220, and the adhesion layer 110 which passes BCl_3 and NH_3 gas from the 2nd gas inlet 42A, and consists the 1st gas inlet 40A to $TiCl_4$ of TiBXN1-X is formed by the conveyance means (not shown to drawing 3). The concrete formation conditions of the adhesion layer which consists of TiBXN1-X are the same as the formation conditions of TiBXN1-X in an example 5, and the detailed explanation is omitted. The structure shown in (B) of drawing 1 is acquired by this.

[0055] [A process -630], next the metal layer 112 which consists of a tungsten in blanket tungsten CVD are formed on the adhesion layer 110. Formation conditions are the same conditions as an example 2, and the detailed explanation is omitted. The structure shown in (C) of drawing 1 was acquired in this way by this. Subsequently, etchback of the metal layer on the upper surface of the layer insulation layer 104 is carried out alternatively, and the metal plug by which the metal layer was formed in opening 106 is completed.

[0056] (Example 7) An example 7 is an example which applied the adhesion layer of this

invention, and the metal plug formation method when a contact hole was formed by blanket tungsten CVD, forms Ti layer first between a semiconductor substrate and the metal layer which consists of a tungsten, and, subsequently forms TiCN_{1-X} in it as an adhesion layer continuously. The metallic material formed in opening consists of a tungsten. In the example 7, the efficient consumer response plasma process equipment shown in drawing 2 was used. Moreover, TiCl₄/CH₃ CN/N₂ was used as material gas for forming 1-X layer of TiCN_{1-X}(s).

[0057] [Process -700] The semiconductor device of the structure shown in (A) of drawing 1 was first formed by the same method as an example 1.

[0058] Ti layer is formed using [a process -710], next efficient consumer response-CVD system 1 shown in drawing 2. TiCl₄ was used as the 1st material gas, and H₂ was used as the 2nd material gas. The formation conditions of the Ti layer 108 are the same as an example 1, and the detailed explanation is omitted.

[0059] The [process -720], then the adhesion layer which consists of TiCN_{1-X} were formed. TiCl₄ was used as the 1st material gas, and CH₃CN and N₂ gas was used as the 2nd material gas. The adhesion layer 110 which passes the 2nd gas induction 42 to CH₃CN and N₂ gas, and consists the 1st gas induction 40 to TiCl₄ gas of TiCN_{1-X} with a thickness of 50nm is formed on the Ti layer 108. The membrane formation conditions of the adhesion layer 110 which consists of TiCN_{1-X} were carried out as follows.

temperature About 650 degreeC microwave 2.8kW pressure 0.13PaRF bias 300W gas TiCl₄/CH₃CN/N₂/Ar=10/30/30/-- in addition, the ratio of a quantity of gas flow can be set up suitably 50 sccm In addition, TiCl₃ can also be used instead of TiCl₄. Moreover, N₂, H₂, or N₂O can also be used instead of NH₃. The semiconductor substrate 100 is heated to about 650 degreeC by the lamp heating means 50. Moreover, since RF bias is impressed, the coverage of TiCN_{1-X} improves, it becomes a much more precise film and barrier property improves. Since the adhesion layer 110 which consists of TiCN_{1-X} is formed in low voltage, it is thickly formed also in the pars basilaris ossis occipitalis of opening 106, and the structure shown in (B) of drawing 1 is acquired. Moreover, Cl is also exhausted from efficient consumer response-CVD system 1 with the gestalt of the volatile high compound HCl, and its Cl content of Ti layer and an adhesion layer decreases, and membraneous quality's improves. Moreover, since these layers are not broken but a vacuum is formed continuously, membraneous quality is also stabilized and a throughput also improves.

[0060] [A process -730], next the metal layer which consists of a tungsten in blanket tungsten CVD are formed on the adhesion layer 110 which consists of TiCN_{1-X}. Formation conditions are the same as an example 1, and the detailed explanation is omitted. The metal layer 112 which consists with coverage sufficient on the adhesion layer 110 in opening 106 of a tungsten by this was formed. In this way, the structure shown in (C) of drawing 1 was acquired. Under the present circumstances, by an overhang not arising in Ti / adhesion layer, since coverage was also good, a void did not occur in the metal layer in opening 106. Moreover, in opening 106, this Ti / adhesion layer functioned as a film which has good barrier property. Moreover, it has been improved rather than formation of the conventional TiN layer or a TiON layer also in reduction of particle generating, or the field of control of composition. Subsequently, etchback of the metal layer on the upper surface of the layer insulation layer 104 is carried out alternatively, and the metal plug by which the metal layer was formed in opening 106 is completed.

[0061] (Example 8) The plasma process equipment 200 shown in drawing 3 is used, and the process which forms a contact hole by blanket tungsten CVD is explained with reference to drawing 1. In addition, Ti layer was first formed between the semiconductor substrate and the metal layer which consists of a tungsten, and the adhesion layer which consists of TiCN_{1-X} was formed continuously. The metallic material formed in opening consists of a

tungsten.

[0062] [Process -800] The semiconductor device of the structure shown in (A) of drawing 1 was first formed by the same method as an example 1.

[0063] [Process -810] The Ti layer 108 of 30nm thickness was first formed within the membrane formation chamber 210 in the efficient consumer response-CVD system which has two membrane formation chambers shown in drawing 3 as well as the degree and in which bias impression is possible. Formation conditions are the same conditions as an example 2, and the detailed explanation is omitted.

[0064] The [process -820], then the adhesion layer which consists of TiCN_{1-X} were formed. TiCl₄ was used as the 1st material gas, and CH₃CN and N₂ gas was used as the 2nd material gas. That is, after formation of Ti layer, through a gate valve 230, the semiconductor substrate 100 is carried in to the 2nd membrane formation chamber 220, and the adhesion layer 110 which passes CH₃CN and N₂ gas from the 2nd gas inlet 42A, and consists the 1st gas inlet 40A to TiCl₄ of TiCN_{1-X} is formed by the conveyance means (not shown to drawing 3). The concrete formation conditions of the adhesion layer which consists of TiCN_{1-X} are the same as the formation conditions of TiCN_{1-X} in an example 7, and the detailed explanation is omitted. The structure shown in (B) of drawing 1 is acquired by this.

[0065] [A process -830], next the metal layer which consists of a tungsten in blanket tungsten CVD are formed on the adhesion layer 110. Formation conditions are the same conditions as an example 2, and the detailed explanation is omitted. The structure shown in (C) of drawing 1 was acquired in this way by this. Subsequently, etchback of the metal layer on the upper surface of the layer insulation layer 104 is carried out alternatively, and the metal plug by which the metal layer was formed in opening 106 is completed.

[0066] As mentioned above, although the formation method of the adhesion layer of this invention and a metal plug was explained based on the example, this invention is not limited to these examples. Instead of the blanket CVD which used the tungsten, this invention is applicable to the blanket CVD which used various silicide [, such as W, Mo, Ti, nickel Co, etc.,], such as Mo, Ti, nickel, Co, aluminum, and Cu. Moreover, aluminum can be used and a metal plug can also be formed by selection CVD.

[0067] Furthermore, it is also possible to form a metal plug in an elevated-temperature spatter using the so-called aluminum or the so-called aluminium alloy instead of blanket CVD. In this elevated-temperature spatter, since the semiconductor substrate is heated by the elevated temperature, the wiring material deposited in opening is also heated more than about 400 degreeC below at the melting point. Consequently, the softened wiring material becomes possible [being in a flow state and flowing the inside of opening]. That is, after forming Ti layer / adhesion layer, the aluminium alloy which consists of aluminum-1%Si by other chambers continuously, without breaking a vacuum can be formed according to the elevated-temperature spatter of the following conditions.

Membrane formation power DC 10kW spatter pressure 0.4Pa substrate heating temperature 500 degreeC process gas Ar:100sccm membrane formation speed A part for 0.3-0.9-micrometer/[0068] A layer insulation layer can be constituted not only from SiO₂ but from PSG, BSG, BPSG, AsSG, PbSG, SbSG, a silicon nitride, SiON, SOG, SiON, etc., and can be formed by the conventional CVD. Moreover, formation of opening can usually be formed by the photolithography method and the reactive-ion-etching method.

[0069] Moreover, although this invention was explained based on the example which forms a contact hole in an impurity diffusion field, the metal plug formation method of this invention can apply the lower layer wiring layer and the upper wiring layer which were formed of the wiring material also to the so-called formation of the beer hall for connecting electrically, or formation of a through hole.

[0070]

[Effect of the Invention] Suppressing generating of particle for the adhesion layer which was described above and which consists of Ti system compound with high barrier property like according to the adhesion layer of this invention, and the metal plug formation method, stability is carried out, and it can form and is easy to perform control of composition. Furthermore, at the time of formation of an adhesion layer, addition of oxygen becomes unnecessary and it becomes easy to control [of material gas] it. And change of sheet resistance of the semiconductor substrate which poses a problem is not produced at the time of formation of a TiON layer, either. Therefore, a semiconductor device can be manufactured in a reliable process. Moreover, if Ti layer and the adhesion layer which consists of Ti system compound are formed continuously, for example, a semiconductor substrate will not be made to expose to the atmosphere, membraneous qualities, such as an adhesion layer, will improve, and a throughput will also improve. Therefore, a reliable electron device can be manufactured with sufficient productivity.

[Translation done.]